

Aptitude à la double exploitation de génotypes d'orge en région sub-humide de Tunisie

S. Ben Youssef¹, M. Chakroun¹, M. El Felah¹, N. Omri²

En Tunisie, on utilise des variétés d'orge de grande culture pour des fins fourragères. Dans un but de sélection de génotypes à double fin, une étude comparative de l'aptitude à la double exploitation de quelques génotype d'orge a été réalisée en région sub-humide.

RESUME

Lors de 2 campagnes successives, 15 génotypes d'orge dont 7 variétés de grande culture ont été évalués, avec ou sans coupe fourragère au stade premier nœud. Le rendement fourrager (1,7 t MS/ha en moyenne) a varié significativement entre les variétés. La coupe de fourrage a réduit le rendement en grain de 19%, celui en paille de 34%, la hauteur à l'épiaison de 12 cm, le nombre d'épis par m² de 10%, le poids de 1 000 grains de 10% et enfin l'indice de récolte de 11%. La date à l'épiaison a été retardée de 4 jours. Les variétés Tej, Martin, Manel, ORDE1, ORDE6 et ORDE15 semblent les plus intéressantes pour la culture à double fin. Les génotypes à haut potentiel de rendement grainier fournissent les meilleurs résultats (fourrage et grain) en double exploitation. Ils pourraient constituer un matériel végétal de base pour la sélection de génotypes d'orge à double fin.

MOTS CLES

Composante du rendement, cultivar, culture mixte, orge, production fourragère, ressource fourragère, Tunisie, zone méditerranéenne, zone sub-humide.

KEY-WORDS

Barley, cultivar, dual-purpose cropping, forage production, forage resource, Mediterranean region, sub-humid region, Tunisia, yield component.

AUTEURS

1 : Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT), rue Hédi Karray, 2049 Ariana (Tunisie).

2 : Institut National Agronomique de Tunisie (INAT), Avenue Charles Nicolle, Cité Mehrajén, 1082 Tunis (Tunisie).

CORRESPONDANCE

S. Ben Youssef, INRAT, rue Hédi Karray, 2049 Ariana (Tunisie) ; mél : chakroun.mohamed@iresa.agrinet.tn

La double exploitation de l'orge (*Hordeum vulgare* L) pour l'alimentation animale consiste à couper ou à pâturer le fourrage en hiver puis à récolter les repousses en grain ; cette pratique est commune dans le Grand Maghreb. En Tunisie, l'orge constitue l'une des principales ressources fourragères dans le nord et le centre du pays. En effet, les superficies annuelles réservées à la culture de l'orge, qu'elle soit pâturée d'une manière continue ou qu'elle soit utilisée en double exploitation, sont en moyenne de l'ordre de 45 000 hectares (Anonyme, 2000), soit 16 à 20% des emblavures fourragères annuelles. Dans ces régions, l'orge joue ainsi un rôle de soudure dans les calendriers fourragers entre octobre et février, ce qui couvre une période où la majorité des espèces fourragères pluviales ne sont pas encore productives (Ben R'houma, 1984).

L'effet de la coupe d'hiver sur la production ultérieure de grain est variable. Après une coupe, le rendement grainier peut soit augmenter légèrement (Day *et al.*, 1968 ; Sharrow et Motazedian, 1987 ; Redmon *et al.*, 1995), soit diminuer d'une manière substantielle (Pumphry, 1970 ; Dunphy *et al.*, 1982 ; Winter et Thompson, 1990). Cet effet dépréciateur ou améliorateur se manifeste à travers un processus complexe qui dépend de plusieurs facteurs tels que le type d'élevage, les conditions édaphiques et climatiques, le génotype et le stade phénologique à l'exploitation (Dunphy *et al.*, 1982 ; Hadjichristodoulou, 1990 ; Redmon *et al.*, 1995). La réduction du rendement en grain des repousses par rapport au témoin peut avoir lieu même si la coupe ou le pâturage ne s'accompagnent pas de l'élimination des apex (Droushioutis, 1984 ; Dunphy *et al.*, 1982 ; Amara, 1987 ; Winter et Thompson, 1990). Dans ce cas, d'autres facteurs entrent en jeu tels que l'inhibition de la formation des talles, l'avortement d'une partie des talles, la diminution de la surface foliaire et de la durée d'interception photosynthétique entre le stade tallage et l'anthesis, ce qui réduit la disponibilité des assimilats pour assurer un remplissage adéquat et un développement normal des grains (Dunphy *et al.*, 1982 ; Winter et Thompson, 1990 ; Winter et Musick, 1991 ; Royo *et al.*, 1999). Dans des travaux sur la double exploitation de l'orge, on a rapporté une réduction du rendement en grain des repousses allant de 9 à 80% par rapport au rendement récolté en conduite conventionnelle (Dunphy *et al.*, 1982 ; Hadjichristodoulou, 1983 ; Amara, 1987 ; Khaldoun, 1989).

Des variétés sélectionnées pour leur vocation fourragère ou à la double exploitation n'existent toujours pas en Tunisie et on continue à utiliser des variétés de grande culture pour des fins fourragères, sous tous les types de climats tunisiens. C'est pourquoi il a été jugé nécessaire d'entamer un programme de sélection de génotypes à double fin à partir du matériel végétal disponible. Dans cette étude, notre objectif est de déterminer l'aptitude à la double fin de quelques génotypes d'orge, à travers l'étude de l'effet d'une coupe au stade premier nœud sur le rendement en fourrage et en grain. Un classement multicritères du matériel testé sera établi sur la base des aspects agronomiques liés à la double exploitation.

1. Matériel et méthodes

Un essai au champ a été conduit durant deux campagnes successives (1998/1999 et 1999/2000) au centre expérimental d'El Afareg (région sub-humide), sur un sol argilo-limoneux à caractère vertique. Le matériel végétal est composé de quinze génotypes d'orge dont cinq variétés de grande culture, deux orges locales originaires de la région du Kef et de Béja, et sept variétés reçues du laboratoire de génétique des céréales de l'INRAT et originaires de l'ICARDA (tableau 1).

Durant la campagne 1998/1999, l'installation de l'essai a eu lieu relativement tard (le 10 décembre) à cause de l'abondance des pluies en novembre. En 1999/2000, le semis a eu lieu le 19 novembre. Deux traitements ont été appliqués à toutes les variétés :

- le traitement témoin qui représente la conduite conventionnelle visant uniquement la production de grain ;

- le traitement avec coupe de l'orge au stade Zadocks 31, c'est-à-dire à la fin du tallage, plus précisément lorsque le premier nœud peut être détectable au toucher au niveau du plateau de tallage (Zadocks *et al.*, 1974). La fauche de l'herbe est réalisée à une hauteur de coupe de 7 cm de manière à ne pas éliminer les apex. Les repousses sont récoltées à maturité pour en évaluer le rendement en grain et en paille.

Le dispositif expérimental est du type split-plot à trois répétitions. Les parcelles principales représentent les 2 traitements (témoin et coupe au stade Zadocks 31), alors que les parcelles secondaires sont constituées par les 15 génotypes aléatoirement répartis. Chaque génotype est semé en 6 lignes de 2 m de longueur, espacées de 17 cm. La dose de semis a été calculée sur la base de 300 grains viables au mètre carré.

Tableau 1 : Caractéristiques des génotypes d'orge étudiés à El Afareg (Tunisie).*Table 1 : Characteristics of the barley genotypes studied at El Afareg (Tunisia).*

Génotype	Source ⁽¹⁾	Origine ⁽¹⁾	PMG ⁽²⁾ (g)	Type d'épi ⁽³⁾
ORDE1	IWF-BCB, kf-16	USA	29	6**
ORDE2	IWF-BCB, kf-46	USA	36	6**
ORDE3	IWF-BCB, kf-23	ICARDA	43	2
ORDE4	IWF-BCB, kf-147	USA	27	6**
ORDE5	IWF-BCB, kf-24	USA	32	6**
ORDE6	IWF-BCB, kf-78	USA	26	6**
ORDE7	IWF-BCB, kf-146	ICARDA	31	6**
Martin	Variété de grande culture	INRAT	43	6
Tej	Variété de grande culture	INRAT	43	2
Faïz	Variété de grande culture	INRAT	43	2
Manel	Variété de grande culture	INRAT	43	6
Rihane	Variété de grande culture	INRAT	36	6
ORDE13	Orge 1254	INRAT	36	6
ORDE14	Orge locale	Kef *	32	6
ORDE15	Orge locale	Béja *	36	6

1 : IWF-BCB : International Facultativ Barley Crossing Blocks, Sélection Kef (1997/1998) ;
 INRAT: Institut National de le Recherche Agronomique de Tunisie, Laboratoire de génétique
 des céréales ; * : nord de la Tunisie
 2 : Poids de 1 000 grains
 3 : Nombre de rangs ; ** : épi sans barbe

La fertilisation est constituée d'un premier apport de 50 kg P₂O₅/ha juste avant le semis et de deux apports de 50 kg N/ha dont l'un à la levée et l'autre à la date de coupe. De plus, comme c'est de rigueur chez les agriculteurs pratiquant la double exploitation de l'orge, 30 kg N/ha supplémentaires ont été apportés aux unités expérimentales coupées afin d'y stimuler la repousse et de compenser l'azote perdu avec la biomasse coupée. Le désherbage a été réalisé au stade tallage avec le 2,4 D (1 000 ml dans 300 l d'eau par ha).

Pour le traitement avec coupe au stade Zadocks 31, la production de fourrage a été évaluée sur toute la surface (1,5 m²) de l'unité expérimentale correspondante. A chaque mesure, un échantillon de 300 g de fourrage vert est prélevé, puis séché à 105°C jusqu'à stabilisation de son poids sec pour en déduire la teneur en Matière Sèche (MS). Le rendement en grain et ses composantes, le rendement en paille et l'indice de récolte (rapport entre le rendement en grain et la somme des rendements en grain et en paille) sont évalués sur les trois lignes restantes.

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse de variance. Dans le modèle d'analyse utilisé, l'année est considérée comme une variable aléatoire et les autres effets comme fixes (SAS, 1990). Les valeurs moyennes sont comparées entre elles grâce au test Duncan au seuil $\alpha = 0,05$. Le logiciel SAS a été utilisé dans toutes les analyses statistiques (SAS, 1990).

2. Résultats

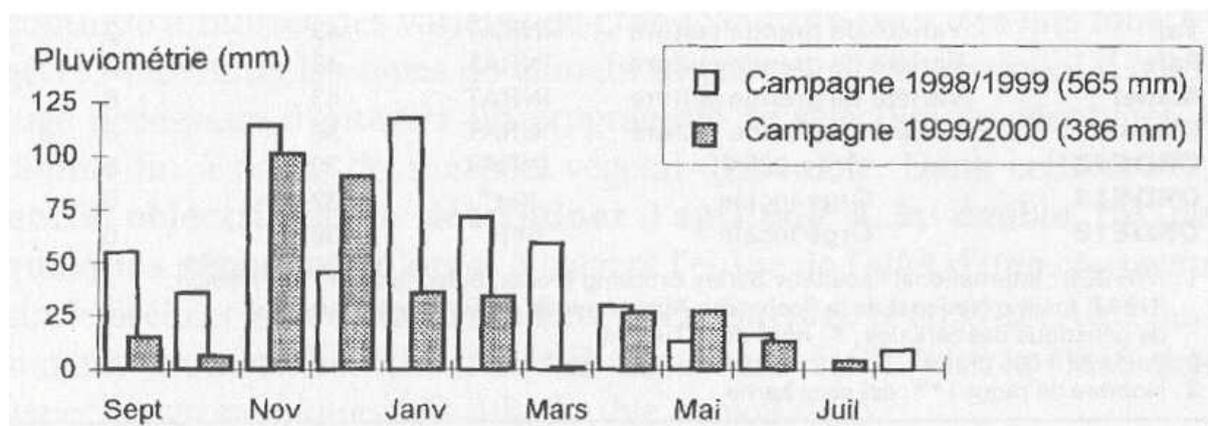
* Conditions climatiques

La campagne 1998/1999 a été caractérisée par une pluviométrie annuelle moyenne de l'ordre de 565 mm (figure 1). Les pluies abondantes de novembre ont poussé à retarder l'installation de l'essai jusqu'au 10 décembre. De plus, la culture a souffert du froid au cours des mois janvier et février (minima moyen de 3,8°C). Sur le reste de la saison, une répartition régulière des pluies a assuré un développement normal de la végétation et une production grainière conséquente. En 1999/2000, les pluies abondantes survenues en novembre, juste après le semis, ont permis d'assurer un démarrage précoce de la culture. La pluviométrie annuelle totale de 386

mm a été inférieure à la moyenne de la station. Cependant, la régularité des pluies et la nature argileuse du sol ont évité à la culture de souffrir du manque d'eau.

Figure 1 : Répartition mensuelle de la pluviométrie au site expérimental d'El Afareg au cours des campagnes 1998/1999 et 1999/2000.

Figure 1 : Monthly rainfall at the experimental site of El Afareg in the 1998/1999 and 1999/2000 cropping seasons.



* Dates de réalisation des stades de récolte

Compte tenu des dates de semis et des conditions climatiques différentes entre les deux campagnes, les dates de réalisation des stades de récolte ont été légèrement différentes entre les deux campagnes, sans toutefois qu'il y ait un changement de l'ordre variétal des précocités (tableau 2).

Tableau 2 : Dates de réalisation du stade de coupe (Zadocks 31) pour chaque génotype durant les deux campagnes et sommes des températures.

Table 2 : Dates of cutting stages (Zadocks 31) for each genotype during the two seasons, and cumulated temperatures.

Génotype	Campagne 1998/1999			Campagne 1999/2000		
	Date	Durée (jours après semis)	Somme des températures	Date	Durée (jours après semis)	Somme des températures
ORDE1	15/03/1999	95	1 002,8	27/02/2000	100	1 038,7
ORDE2	25/03/1999	105	1 123,7	29/02/2000	102	1 062,3
ORDE3	22/03/1999	95	1 085,9	29/02/2000	102	1 062,3
ORDE4	30/03/1999	110	1 183,1	8/03/2000	110	1 155,3
ORDE5	22/03/1999	102	1 085,9	29/02/2000	102	1 062,3
ORDE6	24/03/1999	104	1 107,5	29/02/2000	102	1 062,3
ORDE7	23/03/1999	103	1 097,5	29/02/2000	102	1 062,3
Martin	11/03/1999	91	944,4	17/02/2000	90	937,2
Tej	18/03/1999	98	930,3	10/02/2000	83	857,2
Faïz	22/03/1999	102	1 085,9	17/02/2000	90	937,2
Manel	15/03/1999	95	1 002,8	15/02/2000	88	912,2
Rihane	18/03/1999	98	1 029,5	14/02/2000	87	900,6
ORDE13	15/03/1999	95	1 002,8	15/02/2000	88	912,2
ORDE14	15/03/1999	95	1 002,8	15/02/2000	88	912,2
ORDE15	22/03/1999	102	1 085,9	18/02/2000	91	949,4

* Production fourragère au stade Zadocks 31

Les résultats de l'analyse de variance relative au rendement fourrager et les autres paramètres mesurés au stade Zadocks 31 indiquent que la production fourragère et la hauteur de végétation dépendent significativement de l'année, du génotype et de l'interaction Génotype x Campagne. La production moyenne a été significativement plus élevée au cours de la campagne 1999/2000 (24,0 q MS/ha) qu'au cours de la campagne 1998/1999 (10,7 q MS/ha). Parallèlement, le couvert végétal a été plus haut la deuxième campagne (moyenne de 42 cm) qu'en première campagne (32 cm ; tableau 3).

Au cours des deux campagnes, Tej a la production fourragère la plus élevée (environ 23,6 q MS/ha), suivi par Martin, Manel, ORDE6, ORDE15, ORDE1, ORDE5, Rihane, ORDE3, ORDE13, Faiz, ORDE4, ORDE14, et ORDE7. Les productions des variétés Tej, Martin, Manel, Rihane, ORDE1, ORDE5, ORDE6, et ORDE15 ont été supérieures à la moyenne générale de l'essai (17,5 q MS/ha) mais avec des ordres différents à chaque campagne. Ceci peut expliquer l'interaction significative Génotype x Campagne.

Tableau 3 : Production fourragère et hauteur au stade premier nœud de 15 génotypes d'orge.

Table 3 : Forage yield and height, at first node stage of the 15 barley genotypes.

Génotype	Production fourragère (q MS/ha)			Hauteur de végétation (cm)	
	1998/1999	1999/2000	Moyenne	1998/1999	1999/2000
ORDE1	12,5	24,2	18,4	30,3	42,6
ORDE2	7,2	21,9	14,6	34,3	34,3
ORDE3	11,1	20,9	16,0	34,1	44,0
ORDE4	7,5	22,4	15,0	26,0	48,0
ORDE5	7,0	28,7	17,9	29,0	43,0
ORDE6	8,8	29,9	19,4	28,0	43,3
ORDE7	7,3	20,7	14,0	26,6	42,6
Martin	12,9	29,5	21,3	30,3	36,6
Tej	22,8	24,4	23,6	39,0	43,6
Faiz	11,9	19,3	15,6	30,3	45,6
Manel	13,6	28,5	21,1	35,0	45,6
Rihane	10,3	22,1	16,3	32,6	37,3
ORDE13	11,1	20,7	15,9	36,0	41,0
ORDE14	6,1	22,5	14,2	34,3	45,6
ORDE15	10,7	26,5	18,6	33,1	39,3
Moyenne	10,7	24,1	17,5	31,9	42,2
LSD(5%)		5,9			5,3

* Epiaison et rendement en grain

Sous le régime de double exploitation, l'épiaison a été retardée de 4 jours en moyenne comparativement au traitement témoin. La variété Tej a été la plus précoce sur les deux campagnes (épiaison 109 j après le semis), alors que la variété ORDE4 a été la plus tardive (159 jours).

L'analyse statistique révèle que le rendement en grain n'est pas significativement différent d'une année à l'autre, mais il est significativement affecté par le régime de conduite, le génotype et l'interaction Génotype x Campagne x Traitement. Le rendement moyen évalué au cours des deux campagnes a été de l'ordre de 34,1 q/ha. Notons qu'il a été réduit de 6,5 % (Tej) à 31% (ORDE4) après coupe (tableau 4).

Par ailleurs, la biomasse totale constituée par le cumul de la production fourragère et du rendement en grain (F + G) a été, dans la majorité des cas, plus élevée après coupe (tableau 4). De plus, pour les rendements obtenus sur les deux campagnes, une corrélation positive et hautement significative est trouvée entre le rendement en grain du traitement témoin et celui obtenu sous régime de double exploitation ($r = 0,70$; $n = 30$; $p < 0,05$). Le meilleur coefficient de détermination (R^2) a été obtenu avec une régression linéaire entre ces deux paramètres (figure 2). Cette corrélation montre que les génotypes à haut

rendement en grain sous conduite conventionnelle tendent à produire un haut rendement en grain, même après une coupe à un stade précoce.

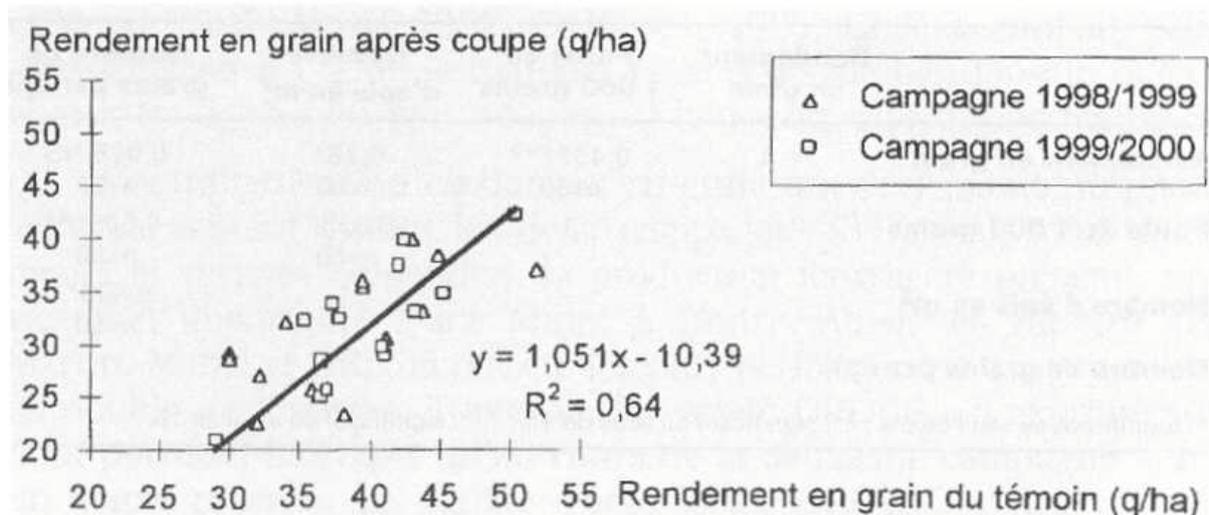
Tableau 4 : Production fourragère (q MS/ha) et rendement en grain et paille (q/ha) de 15 génotypes d'orge sous conduite conventionnelle et en double exploitation (coupe au stade Zadocks 31).

Table 4 : Forage yields (100 kg DM/ha) and grain and straw yields (100 kg/ha) of the 15 barley genotypes, in the conventional and the dual-purpose treatment (cutting stage : Zadocks 31).

Génotype	Témoin		Avec coupe au stade Zadocks 31				Réduction (%)	
	Grain	Paille	Fourrage (F)	Grain(G)	(F) + (G)	Paille	Grain	Paille
ORDE1	32,4	36,6	18,4	23,2	41,6	23,4	28,3	36,1
ORDE2	40,2	41,6	14,6	36,8	51,4	31,1	8,3	25,3
ORDE3	36,6	49,4	16,0	28,0	44,0	33,5	23,6	32,3
ORDE4	36,5	41,7	15,0	25,1	40,1	25,4	31,1	39,1
ORDE5	42,3	46,3	17,9	35,1	53,0	32,6	17,0	29,7
ORDE6	36,1	49,5	19,4	25,6	45,4	34,0	28,0	31,3
ORDE7	35,7	48,9	14,0	29,2	43,2	24,9	18,2	49,0
Martin	42,2	50,7	21,3	31,7	53,0	27,7	24,8	45,3
Tej	38,0	57,1	23,6	34,7	58,4	38,9	8,7	31,7
Faiz	37,9	56,5	15,6	27,9	43,6	33,9	26,4	40,0
Manel	39,4	52,9	21,1	32,2	53,3	33,5	18,2	34,7
Rihane	43,7	57,1	16,3	39,1	55,3	38,3	10,5	32,8
ORDE13	51,1	56,7	15,9	39,6	51,9	36,1	27,6	36,3
ORDE14	34,3	44,7	14,2	25,5	39,7	33,9	24,3	25,6
ORDE15	34,2	54,5	18,6	28,5	45,7	38,4	16,7	29,6
Moyenne	38,7	49,6	17,5	30,8	48,0	31,0	20,8	34,6
LSD (5%)	8,032	8,282	5,97	8,032	3,071	8,282		

Figure 2 : Relation entre le rendement en grain du témoin et le rendement en grain après coupe (conduite en double exploitation) pour 15 génotypes d'orge.

Figure 2 : Relationship between the grain yield of the control and the grain yield after a forage cut (dual-purpose treatment) of the 15 barley genotypes.



* Les composantes du rendement en grain et l'indice de récolte

Le poids de 1 000 grains (PMG) et le nombre d'épis au m² dépendent significativement du type de conduite, du génotype, de l'interaction Génotype x Traitement, mais pas de l'effet Campagne. Après coupe, la valeur moyenne du PMG a été réduite de 3 g et le nombre d'épis au m² de 10% (tableau 5). Le nombre de grains par épi, évalué uniquement en deuxième année, est variable d'un génotype à l'autre mais ne dépend pas, d'une manière significative, du mode de conduite.

Tableau 5 : Composantes du rendement grainier chez le témoin et en double exploitation (coupe au stade Zadocks 31) pour 15 génotypes d'orge.

Table 5 : Grain yield components of the control and of the dual-purpose treatment (cutting stage : Zadocks 31) for the 15 barley genotypes.

Génotype	Poids de 1 000 grains (g)		Densité d'épis au m ²		Nombre de grains /épi	
	Témoin	Zadocks 31	Témoin	Zadocks 31	Témoin	Zadocks 31
ORDE1	27,5	24,1	360,0	387,9	53,7	50,3
ORDE2	30,0	29,0	404,8	367,2	51,2	50,1
ORDE3	36,6	32,6	519,5	539,9	21,2	22,3
ORDE4	25,6	24,7	474,6	426,6	48,5	50,5
ORDE5	31,0	28,5	410,0	367,3	50,8	57,8
ORDE6	21,7	21,8	451,0	395,4	46,9	41,2
ORDE7	30,0	26,2	374,0	381,2	51,5	38,6
Martin	38,5	36,1	406,1	388,9	41,9	38,6
Tej	43,8	36,9	620,2	532,6	17,1	20,2
Faiz	37,0	31,3	562,0	411,4	23,3	24,2
Manel	34,6	33,0	447,8	417,6	30,8	40,4
Rihane	36,6	36,	463,7	427,9	36,5	36,4
ORDE13	35,4	32,1	477,7	399,3	34,4	45,0
ORDE14	31,1	30,5	465,4	402,9	44,2	40,6
ORDE15	42,7	41,0	405,8	384,7	32,3	31,3
Moyenne	33,6	30,9	456,3	415,4	39,1	39,0
LSD (5%)		2,5		13,6		8,2

Les coefficients de corrélation trouvés entre le rendement en grain et ses composantes (tableau 6) nous montrent que la diminution du rendement en grain est principalement liée au PMG puis, en deuxième lieu, au nombre d'épis par m². La corrélation entre le rendement en grain et le nombre de grains par épi n'a pas été significative (tableau 6).

L'indice de récolte dépend significativement de la Campagne, du Génotype et du Mode de conduite. L'indice de récolte a atteint une valeur moyenne de 0,44 sous conduite conventionnelle et 0,49 sous le régime de double exploitation. Cette légère augmentation significative entraînée par l'effet de la coupe est la conséquence directe de la réduction générale de la production de paille et de grain (tableau 4).

* Aptitude à la double exploitation

En général, la sélection pour l'aptitude à la double fin est basée essentiellement sur la sélection de variétés dont les rendements en matière sèche et en grain, après coupe, sont supérieurs aux moyennes générales de tous les génotypes et traitements testés (Yau et Mekni, 1985 ; Amara, 1987 ; El Mzouri, 1995). En se basant sur cette approche, on a évalué le matériel végétal disponible dans le but de choisir les lignées les plus adaptées à la double exploitation (figure 3).

Contrairement au rendement en grain qui s'est maintenu relativement constant durant les deux campagnes (34 q/ha), tous traitements et variétés confondus, la production fourragère présente une variation importante

d'une année à l'autre. Ainsi, les variétés Tej, Martin, Manel et ORDE5 ont été les plus performantes sous conduite en double exploitation. Toutefois, la variété ORDE5 n'a exprimé son haut potentiel fourrager qu'au cours de la deuxième campagne après un semis précoce. La variété d'orge locale ORDE15 et les variétés ORDE1 et ORDE6 ont également exprimé une importante aptitude fourragère (figure 3).

Tableau 6 : Matrice des corrélations entre le rendement en grains et ses composantes : poids de 1 000 grains, nombre d'épis au m² et nombre de grain par épi.

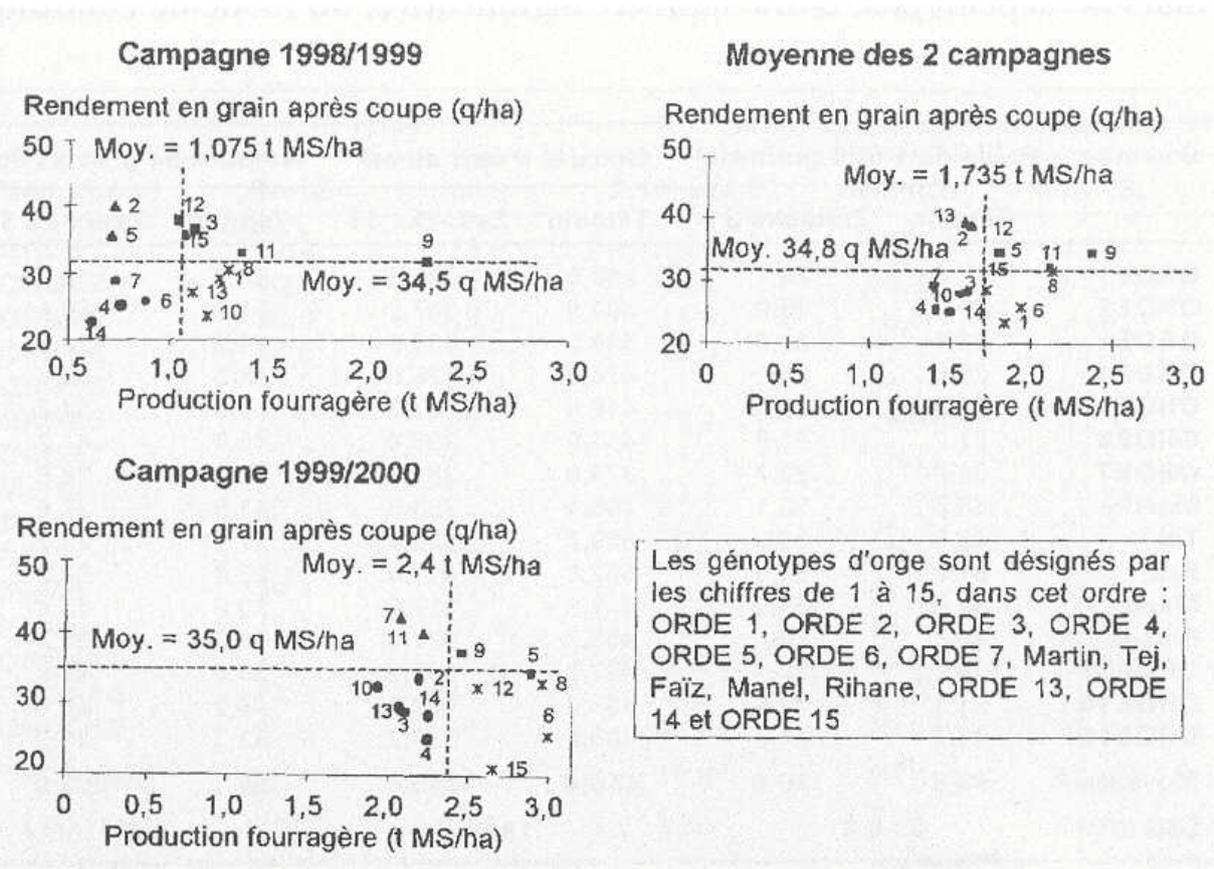
Table 6 : Correlation matrix between the grain yield and its components : 1000-grain weight, number of spikes per m², and number of grains per spike.

	Rendement en grain	Poids de 1 000 grains	Nombre d'épis au m ²	Nombre de grains par épi
Rendement en grain	1	0,432*** n=60	0,28* n=60	0,008 NS n=90
Poids de 1 000 grains	-	1	-0,429** n=60	-0,665*** n=90
Nombre d'épis au m ²	-	-	1	-0,429** n=90
Nombre de grain par épi	-	-	-	1

*: Significatif au seuil de 5% ; **: significatif au seuil de 1% ; ***: significatif au seuil de 1%

Figure 3 : Caractérisation de 15 génotypes d'orge selon leur production fourragère au stade Zadocks 31 et leur rendement en grain en double exploitation.

Figure 3 : Characteristics of the 15 barley genotypes according to their forage production at the Zadocks 31 stage and to their grain yields under the dual-purpose treatment.



Discussion : certaines variétés présentent une bonne aptitude à la double exploitation

*** Une production fourragère appréciable si le semis a été assez précoce**

Au cours de la campagne 1998/1999, le semis a été entrepris tardivement par rapport à la date optimale recommandée pour les céréales en Tunisie (Slama, 1991). Après une période de froid exceptionnelle en janvier et février (moyenne des minima de 3,8°C), la levée a été retardée de 25 jours à partir du semis. Selon les géotypes, le stade "premier nœud" a été atteint au bout de 73 à 82 jours après semis. Par conséquent, les productions fourragères relevées à ce stade ont été très basses. A part la variété très précoce Tej, dont le rendement a été de l'ordre de 22 q MS/ha, les autres variétés ont produit en moyenne 11 q MS/ha. Durant la campagne 1999/2000, le semis a été réalisé plus précocement et le stade Zadocks 31 a été atteint au bout de 76 à 96 jours après levée selon les géotypes. La production fourragère moyenne a atteint une moyenne de 24 q MS/ha, plus du double de la première saison. Ces observations révèlent l'importance du choix de la date de semis en cas d'une double exploitation de l'orge. En effet, plus la période entre la levée et le stade fin tallage est longue, plus la production fourragère atteinte à ce stade est élevée (Ramos *et al.*, 1993 ; Royo et Tribo, 1997). Cette importance de la date de semis sur les performances fourragères des orges et des autres céréales au stade tallage a été soulignée dans plusieurs travaux sur la double exploitation de l'orge (Day *et al.*, 1968 ; Royo *et al.*, 1997 ; Ramos *et al.*, 1993 ; El Mzouri, 1995 ; Yau, 1999). Ces auteurs sont unanimes sur le fait que la réduction de rendement en grain des repousses va de pair avec le retard du semis.

Les productions fourragères moyennes enregistrées au cours de cette étude se rapprochent de celles obtenues en Espagne par Bonachela et Fereres (1995) et Royo *et al.* (1997), et au Liban par Yau (1999) sous des conditions comparables de pluviométrie (plus de 500 mm de moyenne annuelle). Dans notre étude, la variété à deux rangs Tej et les variétés à six rangs Martin, Rihane et ORDE6 ont été les plus précoces et les plus productives au stade premier nœud avec une production fourragère moyenne de l'ordre de 20 q MS/ha réalisée dès le mois de février après un semis en novembre. Avec une teneur en matières azotées totales évaluée entre 20 et 30% (Khalidoun, 1989 ; Royo *et al.*, 1997), l'orge pâturée peut suppléer avantageusement à la majorité des espèces fourragères annuelles cultivées en sec qui, en hiver, ne sont pas encore productives.

*** Production du grain et mécanismes physiologiques favorables à la double exploitation**

Dans des conditions climatiques se rapprochant de celles de notre essai, la diminution du rendement en grain de l'orge soumise à un régime de double exploitation est prépondérante dans la littérature (Hadjichristodoulou, 1983 ; Amara, 1987 ; Royo et Tribo, 1997 ; Yau, 1999). Dans notre étude, selon les géotypes, on a enregistré une diminution de 8 à 31% du rendement en grain et de 24 à 48% du rendement en paille. Nos résultats peuvent être rapprochés de ceux de Hadjichristodoulou (1983), de Amara *et al.* (1985), et de Royo *et al.* (1993). De même, nos résultats concordent avec ceux de Day *et al.* (1968) et Hadjichristodoulou (1983) concernant la diminution de la hauteur de la végétation, le retard d'épiaison et de maturité des grains après coupe d'hiver.

La réduction du rendement en grain est due à un ralentissement de la croissance de la partie aérienne suite à l'élimination précoce d'une grande partie de la surface photosynthétisante. Cela se répercute négativement sur la croissance des racines dont les réserves, accumulées jusque là, migrent en remplacement de la masse foliaire éliminée (Royo *et al.*, 1999). D'après Hadjichristodoulou (1990), l'aptitude des variétés de céréales à régulariser leur activité photosynthétique dans les parties reproductrices (indice de récolte) est l'un des mécanismes les plus déterminants de l'aptitude à la repousse. Les variétés les plus adaptées à la double exploitation sont celles qui peuvent restituer rapidement leurs réserves pour assurer une bonne repousse. Les variétés Tej, Martin, Manel, ORDE5 et ORDE15 ayant montré une telle capacité peuvent être considérées comme géotypes à double fin.

Parmi les composantes du rendement en grain, le nombre de grains par épi n'a pas été affecté par la coupe puisque au stade premier nœud, stade auquel la coupe a été réalisée, une grande partie des ébauches formant l'épi est déjà formée (Sharrow et Motazedian, 1987 ; Royo et Tribo, 1997). Néanmoins, certains auteurs (Dunphy *et al.*, 1982 ; Winter et Musick, 1991) ont avancé une diminution du nombre de grains par épi des repousses probablement à cause de la réduction de la longueur de la période de formation de l'épi après coupe,

et/ou à l'effet de certains traitements et facteurs climatiques (Holliday, 1956). Par ailleurs, le poids de 1 000 grains et le nombre d'épis par m² ont diminué en double exploitation comparativement à la conduite conventionnelle (témoin). Les coefficients de corrélation montrent que la réduction du rendement en grain est principalement liée à la diminution de la taille des grains puis à celle du nombre d'épis par m², occasionnée par un retard de croissance et un décalage de l'épiaison. Cependant, les composantes du rendement évaluées au cours de cette étude ne peuvent expliquer la variabilité totale du rendement en grain. La réaction des plantes après coupe, exprimée en terme de réduction du nombre de talles - épis et de la taille des grains, prouve que le manque d'eau et les fortes températures sont les facteurs les plus déterminants au cours de la période fin tallage - anthèse (Dunphy *et al.*, 1982).

La corrélation positive et significative entre le rendement en grain du traitement témoin et celui obtenu en double exploitation montre que le potentiel de productivité grainière se maintient sous les deux régimes de conduite. Une variété à haut rendement en grain garde un niveau de productivité élevé sous régime de double exploitation. Pour l'orge (Hadjichristodoulou, 1983 ; 1990) et pour le triticale (Nachit, à ajouter en biblio 1983 ; Royo et Tribo, 1997), il a été conclu que la sélection pour la double fin devrait se baser, *a priori*, sur un matériel végétal à haut potentiel de productivité en grain.

Conclusion : des génotypes intéressants et des perspectives de sélection...

Concernant le potentiel fourrager et la réaction à une coupe d'hiver des différentes variétés d'orge testées, une variabilité génétique a été mise en évidence. Ainsi, la sélection pour la double fin est possible et justifiée. Les variétés Martin, Manel et Tej, pourtant des variétés de grande culture, ont montré une bonne aptitude à la double exploitation en fourrage et en grain, ainsi que l'orge locale ORDE15 et les variétés ORDE1 et ORDE6 dont le haut potentiel fourrager a paru intéressant. De ce fait, elles peuvent être avantageusement utilisées comme ressource fourragère de base durant les mois d'hiver.

Par ailleurs, l'existence de corrélations positives et hautement significatives entre le rendement en grain en conduite conventionnelle et celui obtenu en double exploitation nous permettent de considérer que les génotypes à haut potentiel de production grainière sont actuellement les meilleures en double exploitation. Ils pourraient constituer un matériel végétal de base pour un programme de sélection de lignées d'orge ayant une bonne aptitude à la double exploitation. Une bonne capacité de tallage, un haut rendement en matière sèche au stade fin tallage, un rendement en grain et un indice de récolte élevés sont les critères de sélection les plus importants.

Accepté pour publication, le 7 novembre 2001.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amara H., Ketata H. Zouaghi M. (1985) : "Use of barley (*Hordeum vulgare* L.) for forage and grains in Tunisia", *Rachis*, 42, 28-33.
- Amara H. (1987) : "Etude de la double exploitation en fourrage et en grains de 20 cultivars d'orge dans la zone semi-aride du Kef", *Revue de l'INAT*, 1, 69-82.
- Anonyme (2000), "Les surfaces fourragères annuelles", *Annuaire Statistique*, DGPA. Ministère de l'Agriculture.
- Ben R'houma H. (1984) : *Aptitude de l'orge à la double exploitation: fourrage/grains. Tentative de bilan de culture*, mémoire de fin d'étude de cycle de spécialisation, INAT, 136 p.
- Bonachela S., Fereres E. (1995) : "Doble aprovechamiento de los cereales en ambientes mediterraneos continentales. I. Produccion de forraje", *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.*, 10, 342-355.
- Day A.D., Thompson R.K., McCaughey W.F. (1968) : "Effects of clipping on the performance of spring barley (*Hordeum vulgare* L. Emend Lam) seeded in october", *Agronomy J.*, 60, 11-12.
- Droushiotis D.N. (1984) : "The effect variety and harvesting stage on forage production of barley in low rainfall environment", *J. of Agricultural Science Cambridge*, 102, 287-293.
- Dunphy D.J., McDaniel M.E., Holt E.C. (1982) : "Effect of forage utilization on wheat grains yield", *Crop Science*, 22, 106-109.

- El Mzouri L. (1995) : "Quelle orge à double fin pour la région de Saïs et Zaers", *Compte rendu de l'atelier de travail de Meknès*, 89-95.
- Hadjichristodoulou A. (1983). "Dual Purpose barley", *Agricultural Research Institute*, Ministry of Agriculture and Natural Resources, *Technical bulletin*, Nicosia, Cyprus, 46, 9 p.
- Hadjichristodoulou A. (1990) : "Dual-purpose barley", *Rachis*, 9, 13-16.
- Holliday R. (1956) : "Fodder production from winter-sown cereals and its effect upon grains yield", *Field Crop Abstract*, 9, 129-135.
- Khaldoun A. (1989) : "Etude du comportement de l'orge exploitée à double fin", *Fourrages*, 117, 77-88.
- Nachit M.M. (1983) : "The effect of clipping, during the tillering stage, on triticale", *Rachis*, 4, 11-12.
- Pumphrey F.V. (1970). "Semidwarf winter wheat response to early spring and grazing", *Agronomy journal*, 62, 641-643.
- Ramos J.M., Garcia del Moral M.B., Marinetto J., Garcia J., Del Moral L.F. (1993) : "Sowing date and cutting frequency effects on triticale forage and grains production", *Crop Science*, 33, 1312-1315.
- Redmon L.A., Horn G.W., Krenzer Jr E.G., Bernardo D.J. (1995) : "A review of livestock grazing and wheat grains yield: boom or bust ?", *Agronomy J.*, 87, 137-147.
- Royo C., Montesinos E., Molina-Cano J.L, Serra J. (1993) : "Triticale and other small grains cereals for forage and grains in mediterranean conditions", *Grass and Forage Sci.*, 48, 11-17.
- Royo C. Tribo F. (1997) : "Triticale and barley for dual-purpose (forage + grains) in a mediterranean environment. II. Yield, yield components, and quality", *Australian J. of Agricultural Research*, 48, 423-432.
- Royo C., Lopez A., Serra, J., Tribo F. (1997) : "Effect of sowing date and cutting stage on yield and quality of irrigated barley and triticale used for forage and grain", *J. Agron. & Crop Science*, 179, 227-234.
- Royo C., Voltas J., Romagosa I. (1999) : "Remobilization of pre-anthesis assimilates to the grains for grains only and dual-purpose (forage + grains) triticale", *Agronomy J.*, 91, 312-316.
- SAS (1990) : *SAS user's guide : SAS STAT, SAS BASIC*, Version 6, Fourth edition, SAS incl, Box 8000, Cary, NC 27512-8000, Cary, NC : SAS institute INC.
- Sharrow S.H., Motazedian I. (1987) : "Spring grazing Effects on components of winter wheat yield", *Agronomy J.*, 79, 502-504.
- Slama F. (1991) : *Maîtrise de la culture des céréales*, UTAP Ed. Tunis, 80 p (en arabe).
- Winter S.R., Thompson E.K. (1990) : "Grazing winter wheat : I. Response of semidwarf cultivars to grain and grazed production system", *Agronomy J.*, 82 , 33-37.
- Winter, S.R., Musick J.T. (1991) : "Grazed wheat grains yield relationships", *Agronomy J.*, 83, 130-135.
- Yau S.K., Mekni M.S. (1985) : "Characterization of dual-purpose barley. An approach", *Rachis*, 4, 33-34.
- Yau S.K. (1999) : "Sustaining barley yield by early planting and grazing", *Rachis*, 18, 72-74.
- Zadocks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. (1974) : "A decimal code for the growth stages of cereals", *Weed Research*, 14, 415-421.

SUMMARY

Dual-purpose barley genotypes in a sub-humid region of Tunisia

A field experiment was carried out over two cropping seasons at the experimental station of El Afareg in a sub-humid region of Tunisia, under natural rainfall. Fifteen barley genotypes (8 experimental lines and 7 registered cultivars) were evaluated for grain yield under a conventional method for grain production, and for forage and grain yields in the same season under dual-purpose production system. Forage was cut when the first node became detectable, and grains were harvested at the ripening stage in both cut and uncut plots. Forage yields amounted on average to 1.7 t DM/ha over two years, depending significantly on the year and on the genotype. The forage yields of Tej, Martin, Manel, Rihane, ORDE1, ORDE5, ORDE6 and ORDE15 were above the average. Over two years, and for all genotypes, cutting for forage at the stage of first-node detection reduced grain yield by 19%, straw yield by 34%, heading height by 12 cm, spike number per m² by 10%, kernel weight by 10% and lastly the harvest index by 11% ; heading date was delayed by 4 days. Reduction in grain

yield after a forage cut was caused mainly by a reduction in grain weight, and secondarily by a reduction in spike number per m². The highly significant correlation between grain yield in the uncut treatment and grain yield after the forage cut shows that genotypes with a high potential for grain yield are at present the most suitable for a dual-purpose use.